

Innovative Absaugtechnik für Laserbearbeitung von Wafern senkt Kosten

## Ressourcen schonen

Die Fertigung von Photovoltaik-Modulen steht auf dem Weg zur Netzparität unter Kostendruck. Das ist Herausforderung und Chance für die Ausrüster, die bestehenden Technologien zu hinterfragen und zu optimieren. Das gilt für die ‚Technologieführer‘ in der ersten Reihe, aber genauso für die ‚Prozesse im Hintergrund‘. Die ULT AG sorgt für reine Luft in vielfältigen Fertigungsprozessen. Im Blickpunkt stehen dabei die Präzision der Prozesse und die Verfügbarkeit empfindlicher Anlagen, aber auch der Gesundheitsschutz des Personals.

Bei der Fertigung von Solarzellen gehören Laserverfahren zum Kern-Know-how. Laser werden eingesetzt beim Strukturieren von Dünnschichtzellen, bei der Kantenisolation von Si-Wafern, bei speziellen Kontaktierungsverfahren und zur Qualitätskontrolle.

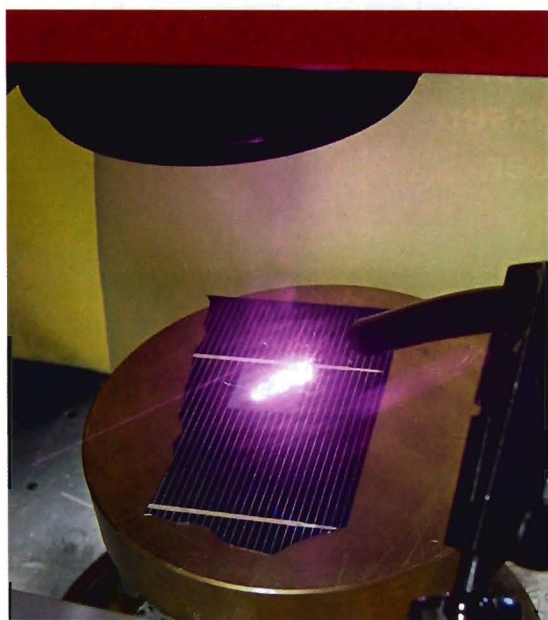
Die Lasermaterialbearbeitung verursacht jedoch eine stark Feinstaub belastete Abluft. Aufgrund der extrem geringen Partikeldurchmesser, lediglich wenige Nanometer, wandern diese Abluftpartikel schon bei geringster Luftbewegung durch den Raum und können sich auf den zu bearbeitenden Wafern niederschlagen sowie vom Personal eingeatmet werden. Partikel der meisten Schwermetalle und Halbleitermaterialien sowie ihrer Verbindungen – zum Beispiel Zn, Ni, Cd, Ga, Si, Se – können toxisch oder kanzerogen wirken.

Darüber hinaus besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Emission, der Bearbeitungsqualität und der Prozesssicherheit. Ein vollständiges Absaugen und Erfassen der Prozessstäube leistet – neben einem aktiven Gesundheitsschutz – einen erheblichen Beitrag zur Optimierung des eigentlichen Bearbeitungsschrittes. ULT verfügt aus

einer Vielzahl von Einsatzfällen über profunde Erfahrungen auf dem Gebiet der Beseitigung schadstoffhaltiger Prozessatmosphären, die bei der Laserbearbeitung von Si-Wafern beziehungsweise von Dünnschichtmodulen entstehen können.

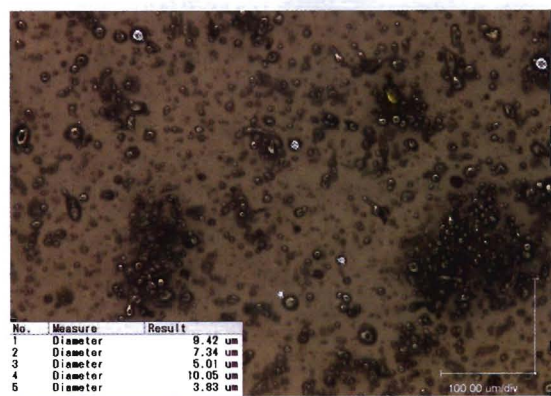
Die praktischen Erfahrungen werden unterstützt durch systematische wissenschaftliche Untersuchungen. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik in Dresden hat ULT die beim Laserablationsprozess von  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -beschichteten Si-Wafern entstehenden Partikel untersucht. Dabei wurden eine Partikelgrößenklassifizierung sowie Untersuchungen zum Oxidationsverhalten des Siliziums durchgeführt.

Anhand der Ergebnisse konnten Schlussfolgerungen zur Optimierung des Betriebsregimes und der konstruktiven Auslegung der Absauganlage abgeleitet werden. Vor allem aber sollte anhand der Experimente die Frage beantwortet werden, warum immer wieder ‚ungewöhnliche Reaktionen‘ im Inneren der

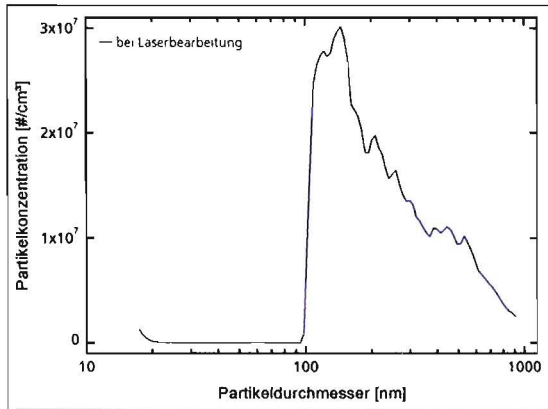


*Absaugende Probenahme an einer partikelhaltigen Atmosphäre beim Laserablationsprozess an photovoltaischen Si-Wafern.*

*3D-lichtmikroskopische Aufnahme einer partikelbelegten Glassubstratoberfläche.*

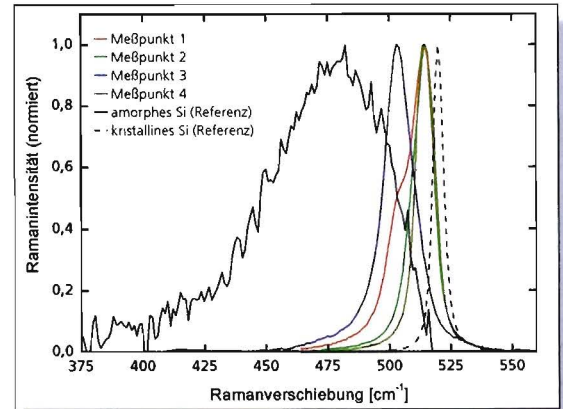


Photovoltaik



*Größenklassifiziertes Partikelauftreten bei der Laserbearbeitung von Si-Wafern.*

*Ramanspektren des Laserablationsproduktes im Vergleich zu amorphem und kristallinem Silizium - alle Spektren sind basislinienkorrigiert und normiert.*



Absaugung zu verzeichnen sind. Das betrifft sowohl partielle Beschädigungen des Polymerschlauchmaterials wie auch des Filtermaterials. Vermutet wurden thermische Reaktionen, deren Ursache in der Oxidation der abgetragenen Siliziumpartikel liegen.

Der Laser ‚produziert‘ Siliziumpartikel, deren Größe und Reinheit ein nicht unerhebliches Potenzial zur Selbstentzündung bedingen, wodurch innerhalb der Anlage die stark exotherme Oxidation zu  $\text{SiO}_2$  stattfinden kann. Die Forscher des IWS sind diesen Fragen auf den Grund gegangen. Der Versuchsaufbau umfasste ein Festkörperlasersystem mit integriertem Partikelspektrometer (SMPS) zur größenklassifizierenden Partikelcharakterisierung. Für die Laserbearbeitung wurde ein  $\text{Si}_3\text{N}_4$  beschichteter Si-Wafer mit üblichen Laserparametern bestrahlt. Die weiteren Untersuchungen wurden 3D-lichtmikroskopisch sowie ramanspektroskopisch durchgeführt.

Die während des Laserschneidens mit Hilfe des SMPS ermittelte Partikelgrößenverteilung zeigt ein deutliches Partikelauftreten im Durchmesserbereich zwischen 100 und 1.000 nm mit einem Maximum bei 145 nm. Summiert man alle über den gesamten Messbereich gezählten Partikel, ergibt sich ein – verglichen mit der Hintergrundbelastung – etwa 8.400-fach höheres Gesamtpartikelauftreten. Die Schlussfolgerungen bestimmen maßgeblich die Konstruktion der Abscheidemodule und die Wahl der Filtermedien.

Des Weiteren wurden die aufgefangenen Partikel 3D lichtmikroskopisch untersucht. So konnten Partikel mit Durchmessern  $> 1 \mu\text{m}$ , die durch das SMPS nicht erfasst werden, nachgewiesen werden. Es zeigten sich Partikelagglomerate, deren Primärpartikel einen Durchmesser von weniger als 3 bis 10  $\mu\text{m}$  aufwiesen.

Maßgeblichen Einfluss auf die Auslegung von Erfassungseinheiten und Transportleitungen für das Prozessabgas hat der Restgehalt an nicht-oxidiertem Silizium. Die Untersuchung erfolgte mittels der Ramanspektroskopie. Die dazu erforderlichen Partikel wurden nahe der Laserbearbeitungsstelle adsorptiv auf einem Glaträger unter inerter Atmosphäre abgeschieden. Es konnte eindeutig gezeigt werden, dass die Partikel direkt nach der Laserbehandlung tatsächlich nicht vollständig oxidiert sind. Kristallines und auch amorphes Silizium konnten sicher nachgewiesen werden. Damit war klargestellt, dass die selbstentzündlichen Staubpartikel kontrolliert der Oxidation zugeführt werden müssen, um Folgeschäden, im schlimmsten Fall sogar Explosionen, zu verhindern.

Die Konstrukteure bei ULT haben mit Blick auf Prozesssicherheit und Verfügbarkeit der Anlagen inzwischen Wege gefunden, die Si-Partikel innerhalb der Anlage schadlos zu  $\text{SiO}_2$  zu oxidieren. Weitere Ziele der Entwickler bestehen unter anderem in der Beeinflussung der Partikelkonfigurationen mit dem Ziel einer besseren Filterung und Selektierung. Das führt zu einem noch besseren Schutz der Mitarbeiter vor den ultrafeinen kanzerogenen Partikeln sowie gleichzeitig zum Schutz der Bearbeitungsmaschinen, zu höheren Standzeiten der Filter, zu einer Verringerung der Anzahl von Wechselzyklen, zu einer Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlagen und schont insgesamt die Ressourcen. Auch dieser Umstand hilft der PV Industrie, besser zu wirtschaften.

[www.ult.de](http://www.ult.de)

**Autoren:**

**Dr. Christian Jakschik, Dr. Wulf Graehlert, Dr. Volker Türschmann**

# POSITIONERS

precision made in germany

Standard and OEM design • Single and multi axes

Phone: + 49 7634 50 57 - 0 | [www.micos.ws](http://www.micos.ws)